

Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh di Kota Surabaya

D.A. Safitri^{1*}, A.D. Cahyani¹, L.A. Bessalova², F. Saves¹

¹Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya, Indonesia, ² Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Corresponding Author: Dika Ayu Safitri, e-mail: dika-ayu@untag-sby.ac.id

Published: July , 2025

ABSTRAK

Pertumbuhan wilayah perkotaan yang pesat di Kota Surabaya telah menyebabkan terjadinya perubahan tutupan lahan yang signifikan, khususnya pada area vegetatif. Urbanisasi yang tidak terkendali memicu alih fungsi lahan hijau menjadi kawasan terbangun, seperti permukiman, kawasan industri, dan infrastruktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perubahan pada indeks kerapatan vegetasi menggunakan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang menggunakan data citra satelit Landsat 8 (tahun 2025 dan tahun 2025) yang dianalisis melalui Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan dengan melakukan klasifikasi nilai NDVI dalam empat kategori: non-vegetasi (-1,00 - 0,00), vegetasi rendah (0,0–0,25), sedang (0,25–0,5), dan tinggi (> 0,5). Hasil analisis menunjukkan bahwa klasifikasi vegetasi rendah (NDVI 0,0–0,25) mengalami peningkatan dari 1.009,62 Ha (53,44%) pada tahun 2015 menjadi 18.908,64 Ha (57,57%) pada tahun 2025. Sebaliknya, vegetasi tinggi (NDVI > 0,5) mengalami penurunan dari 3.646,98 Ha (11,10%) menjadi 3.397,86 Ha (10,35%). Penurunan tersebut mengindikasikan terjadinya degradasi lingkungan yang signifikan akibat berkurangnya area hijau. Hasil validasi lapangan menunjukkan tingkat akurasi klasifikasi NDVI cukup tinggi dan sesuai dengan kondisi tutupan lahan aktual. Perubahan ini mengindikasikan adanya peralihan fungsi lahan secara besar-besaran dari lahan vegetatif menjadi kawasan terbangun seperti permukiman dan industri. Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di Surabaya telah berdampak langsung terhadap penurunan kualitas lingkungan, termasuk meningkatnya suhu udara permukaan. Oleh karena itu, hasil studi ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dan perencana tata ruang dalam merumuskan kebijakan perlindungan area hijau publik dan pengendalian konversi lahan yang berkelanjutan di Kota Surabaya.

Kata kunci: citra satelit Landsat 8, indeks vegetasi NDVI, kerapatan vegetasi,, perubahan tutupan lahan, SIG

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat kawasan perkotaan telah membawa dampak signifikan pada aspek lingkungan, khususnya di wilayah metropolitan seperti kota Surabaya. Sebagai pusat kegiatan ekonomi, perdagangan, industri, dan pemerintahan, kota Surabaya menjadi magnet bagi urbanisasi yang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Merujuk pada laporan Kota Surabaya Dalam Angka 2024 dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil, terjadi peningkatan kepadatan penduduk di Surabaya dari 8.781 jiwa/Km² pada 2020 menjadi 8.958 jiwa/Km² pada 2023. Jumlah penduduk pada 2023 tercatat sebesar 3,00 juta jiwa dengan laju pertumbuhan 0,42 persen. Kenaikan ini mencerminkan dampak dari urbanisasi. Sebagai pusat ekonomi, pendidikan, dan industri di Jawa Timur, Surabaya

menjadi tujuan utama masyarakat yang mencari peluang kerja dan kualitas hidup yang lebih baik. Urbanisasi yang terus berlangsung ini menyebabkan lonjakan kebutuhan akan hunian, transportasi, dan infrastruktur dasar, sehingga menuntut pengelolaan kota yang adaptif dan berkelanjutan (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2024). Tingginya laju urbanisasi tersebut berdampak pada alih fungsi lahan perkotaan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Akibat meningkatnya aktivitas pembangunan dan pertumbuhan penduduk, Kota Surabaya mengalami tekanan yang cukup besar terhadap lingkungan, khususnya dalam hal penggunaan lahan dan pemanfaatan ruang. Urbanisasi yang berlangsung secara masif telah memicu konversi lahan dalam skala luas, terutama alih fungsi lahan vegetatif menjadi lahan terbangun (Nadira et al., 2019). Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan pembangunan infrastruktur tersebut, Kota Surabaya mengalami perubahan tutupan lahan yang signifikan, terutama alih fungsi lahan terbuka hijau menjadi kawasan terbangun. Kawasan yang sebelumnya didominasi oleh vegetasi dan lahan kosong kini telah berubah menjadi area komersial dan permukiman padat (Safitri et al., 2023).

Perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya dalam beberapa dekade terakhir menunjukkan tren yang signifikan. Lahan-lahan yang sebelumnya berupa ruang terbuka hijau, lahan pertanian, atau area vegetasi alami secara bertahap beralih menjadi permukiman padat, kawasan industri, dan infrastruktur perkotaan. Safitri, Nugroho dan Bepalova (2023) menyatakan bahwa perubahan tutupan lahan di Surabaya umumnya terjadi di wilayah pesisir Surabaya khususnya di Pantai Surabaya Timur. Kelurahan Keputih dan Medokan Ayu mengalami proses perubahan tutupan lahan paling signifikan di sepanjang garis pantai akibat perubahan penggunaan lahan (Safitri et al., 2023). Perubahan tutupan lahan berdampak terhadap menurunnya kualitas lingkungan, berkurangnya daerah resapan air, meningkatnya suhu permukaan, serta berkurangnya ketersediaan ruang hijau publik (Dede et al., 2019). Dampak lainnya yaitu seperti ancaman banjir di kota Surabaya, kajian yang dilaksanakan oleh Safitri et al (2024) mengindikasikan bahwa sebesar 13.399,46 hektar merupakan kawasan rawan dengan nilai tinggi (Safitri et al., 2024). Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengevaluasi perubahan tutupan lahan sebagai langkah awal dalam perencanaan kota yang berkelanjutan.

Sebuah pendekatan yang efektif guna menganalisis peralihan tutupan kawasan lahan adalah melalui pemanfaatan citra satelit dan metode penginderaan jauh, khususnya dengan menggunakan indeks vegetasi, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Penelitian ini bertujuan guna menganalisis dinamika kepadatan vegetasi di wilayah Kota Surabaya antara tahun 2015 dan 2025 menggunakan metode NDVI berbasis citra satelit dan SIG. Temuan dari kajian ini diharapkan mampu menyajikan data yang komprehensif terkait dengan kondisi tutupan lahan vegetatif sebagai dasar untuk mendukung kebijakan penataan ruang dan pembangunan berkelanjutan. Melalui pemanfaatan indeks NDVI algoritma yang digunakan untuk mengukur level kehijauan pada suatu kerapatan vegetasi dan Ciri vegetasi pada tanaman menjadi dasar klasifikasi wilayah berdasarkan hasil perhitungan dari pantulan cahaya *near infrared* dan *red* yang berasal dari permukaan tumbuhan, sehingga dapat

mengidentifikasi area yang memiliki atau tidak memiliki penutupan vegetasi (Jannah & Bioresita, 2023). Dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), analisis spasial terhadap nilai NDVI dapat mampu menyajikan informasi yang lebih akurat mengenai distribusi serta perubahan vegetasi pada suatu wilayah.

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan metode NDVI untuk memantau perubahan tutupan lahan di berbagai wilayah perkotaan. (Hardianto et al., 2021) melakukan analisis indeks vegetasi NDVI yang dilakukan di wilayah Kota Bandar Lampung serta menghasilkan penemuan yaitu Terjadi perubahan mencolok pada kategori vegetasi jarang yang mengalami kenaikan sebesar 13,11%, serta area non-vegetasi yang juga meningkat sebesar 13,4%. Sementara itu, vegetasi dengan kerapatan sedang mengalami penurunan sebesar 5,45%, dan vegetasi sangat rapat mengalami penurunan cukup besar hingga 21,02%. Penurunan pada dua kelas vegetasi ini menunjukkan adanya kecenderungan konversi lahan hijau yang lebat dan sedang menjadi lahan terbuka atau area terbangun. Selain itu, Nailufar et al (2018) juga melakukan penggunaan algoritma NDVI untuk identifikasi tingkat kerapatan vegetasi di Kota Batu, Jawa Timur, menunjukkan bahwa wilayah tersebut sebagian besar terdiri atas semak dan rumput ilalang, diikuti oleh area berbatu, tanah kosong, kawasan hutan, serta bagian akhir berupa awan dan badan air.

METODE PENELITIAN

Pengamatan terhadap tingkat vegetasi di wilayah Surabaya analisis dilakukan dalam dua kurun waktu, yaitu tahun 2015 dan 2025 dengan memanfaatkan citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS (*Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor*) dengan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Adapun perangkat lunak yang digunakan yaitu ArcGIS 10.8 dan Excel. Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan penelitian seperti pemotongan citra wilayah penelitian yang dipotong adengan dari peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) Kota Surabaya, selanjutnya pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan indeks kerapatan vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index*.

Lokasi Penelitian

Wilayah studi dalam penelitian ini mencakup wilayah administratif Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Analisis dilakukan terhadap data citra satelit tahun 2015 dan 2025 untuk melihat perubahan selama rentang waktu 11 tahun.

Data

Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut :

- Data Utama :
Data penginderaan jauh Landsat-8 OLI/TIRS (*Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor*) khususnya pada Band 10

- Data Pendukung :

Data batas administratif Kota Surabaya bersumber dari InaGeoportal

Metode Analisis

a. Perhitungan Koreksi Radiometrik

Proses koreksi radiometrik bertujuan menyesuaikan nilai piksel agar mencerminkan pantulan atau emisi spektral yang sebenarnya dari suatu objek. Penyesuaian ini dilakukan melalui penerapan persamaan tertentu (Chander et al., 2009) :

$$\rho\lambda = \frac{M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin\theta}$$

Dimana :

$\rho\lambda$ = Reflektansi Planetary Spektral TOA

M_{ρ} = (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomor band)

A_{ρ} = (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nomor band)

Q_{cal} = Terkuantisasi dan dikalibrasi nilai produk pixel standar (DN)

θ = Sudut elevasi matahari

b. Penentuan *Top of Atmosphere* (ToA) *Radiance* ($L\lambda$)

Langkah pertama dalam algoritma ini dimulai dengan memasukkan Band 10, kemudian nilai digital (DN) dikonversi menjadi nilai radiansi spektral ($L\lambda$) menggunakan rumus berikut (Chander et al., 2009) :

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

Dimana :

L = Nilai Pancaran (*Toa Radiance*)

ML = faktor *multiplicative rescaling* pada spesifik band

Q_{cal} = *Digital Number* (DN) pada piksel disetiap band

AL = faktor *additive rescaling* pada spesifik band

c. Penentuan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI)

NDVI digunakan sebagai indikator standar yang dapat membedakan citra satelit berdasarkan kerapatan vegetasi, jumlah biomassa, dan tingkat kehijauan suatu wilayah. Dalam studi ini, nilai NDVI dihitung berdasarkan selisih antara penyerapan cahaya maksimal di kanal merah (RED) dan pantulan tertinggi di kanal inframerah dekat (NIR). Dalam citra Landsat 8 OLI/TIRS, kanal merah diwakili oleh Band 4, yang mencerminkan radiasi akibat kandungan klorofil tanaman. Sementara

itu, pantulan tertinggi pada kanal inframerah dekat ditangkap oleh Band 5, yang berkaitan dengan karakteristik sel di dalam daun (Tucker, C.J. 1979). NDVI dihitung dengan persamaan berikut :

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)}$$

Dimana :

NDVI = (Band 5 – Band 4) / (Band 5 + Band 4),

RED = nilai *Digital Number* pada RED Band

NIR = nilai *Digital Number* pada NIR Band

Setelah memperoleh hasil NDVI, tahap berikutnya adalah mengklasifikasikan kerapatan vegetasi di area lahan. Kategori klasifikasi yang diterapkan merujuk pada (Agusman & Mataburu, 2024) :

Tabel 1. Klasifikasi Nilai NDVI Citra Landsat 8

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI
Non-vegetasi	-1,00 – 0,00
Vegetasi Rendah	0,00 – 0,25
Vegetasi Sedang	0,25 – 0,5
Vegetasi Tinggi	>0,5

d. *Proportional vegetation* (Pv)

Proporsi ini menggambarkan estimasi vegetasi yang terdapat dalam wilayah yang tertutup lahan. Nilai pixel dari NDVI menjadi acuan untuk proporsi vegetasi dan tanah gundul. Nilai Pv dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut (José A. Sobrino, 2004) :

$$P_v = \frac{[NDVI-NDVI\ min]}{[NDVI_{max}+NDVI]}$$

Dimana :

NDVImin = Nilai minimum pada pixel NDVI

NDVImax = Nilai maksimum pada pixel NDVI

e. Validasi Lapangan

Setelah peta sebaran NDVI tersedia, tahap verifikasi lapangan dilakukan dengan pengambilan sampel di sejumlah lokasi di Kota Surabaya untuk mengidentifikasi jenis penutup lahannya dan melakukan pencatatan dokumentasi.

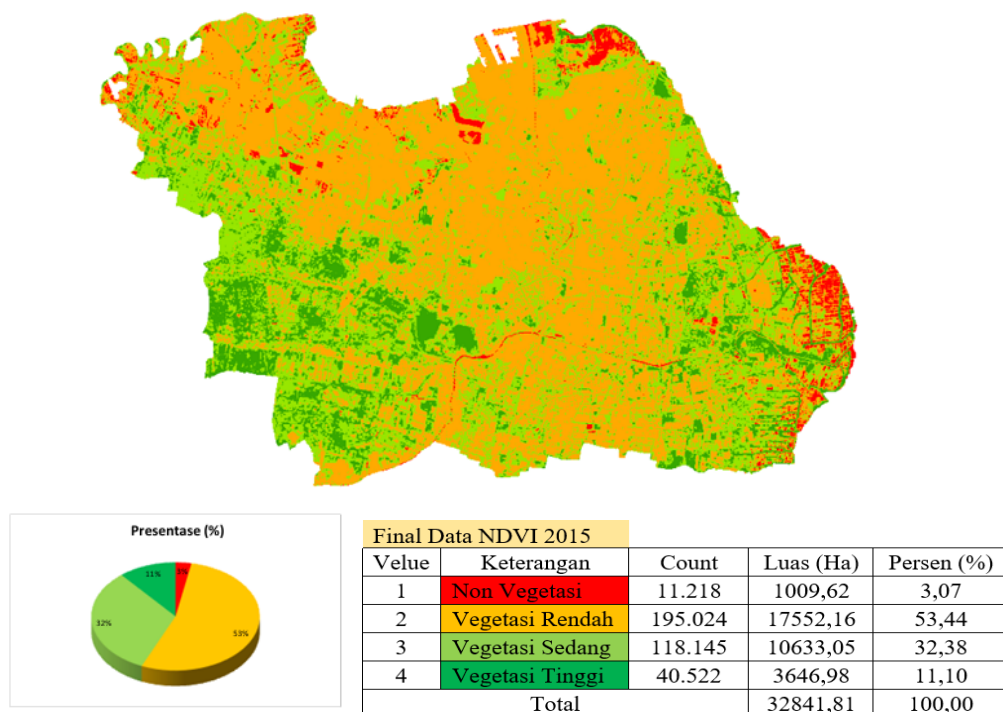
HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui analisis data menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan teknologi penginderaan jauh, diperoleh sebaran nilai kerapatan vegetasi berdasarkan NDVI di Kota Surabaya untuk tahun 2015 dan 2025 diklasifikasikan menjadi 4 kelas daerah pembagian yang terdistribusi antara lain:

- 1) Non Vegetasi,
- 2) Vegetasi Rendah,
- 3) Vegetasi Sedang, dan
- 4) Vegetasi Tinggi.

Analisis NDVI Kota Surabaya Tahun 2015

Gambar berikut menyajikan hasil klasifikasi kerapatan vegetasi di area penelitian untuk tahun 2015 :

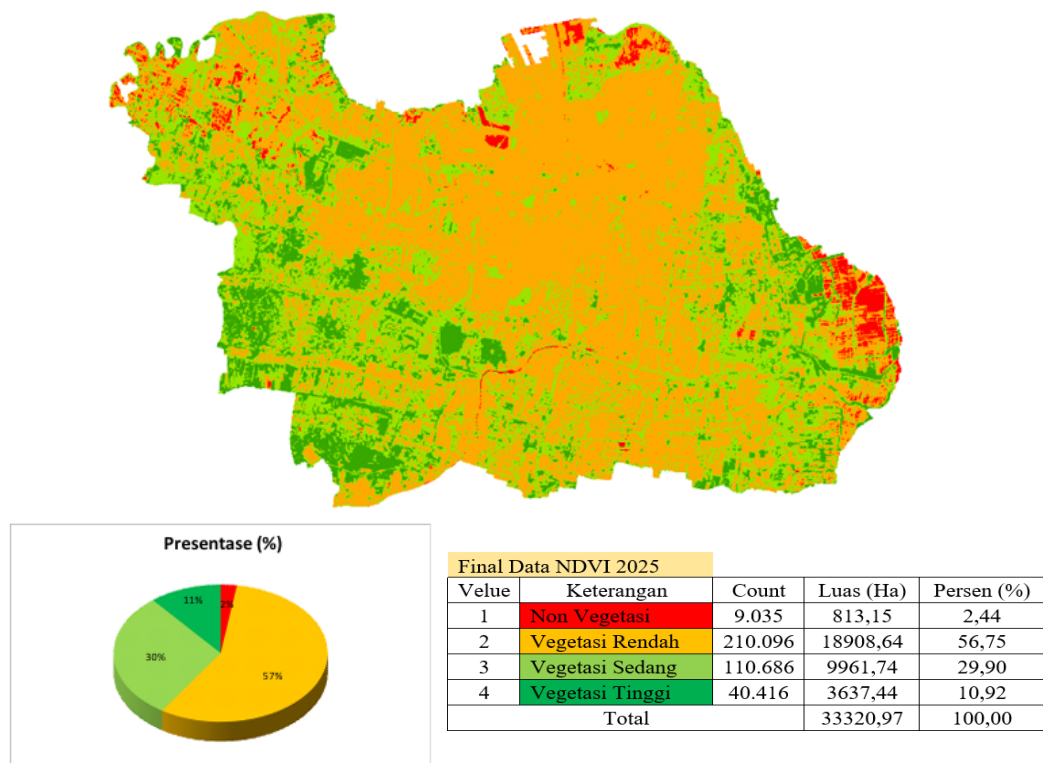


Gambar 1. Pemetaan Distribusi NDVI Kota Surabaya Tahun 2015

Berdasarkan analisis citra satelit Landsat 8, diketahui bahwa pada tahun 2015, sebagian besar wilayah vegetasi di Kota Surabaya memiliki klasifikasi vegetasi rendah (nilai NDVI 0,0–0,25) yang ditandai dengan warna kuning dan mencakup area seluas 17.552,16 hektar dimana mencakup sekitar 53,44% dari total luas Kota Surabaya. Lahan dengan vegetasi rendah ini sebagian besar dimanfaatkan untuk kawasan pemukiman.

Analisis NDVI Kota Surabaya Tahun 2025

Gambar berikut menyajikan hasil klasifikasi kerapatan vegetasi di area penelitian untuk tahun 2025 :

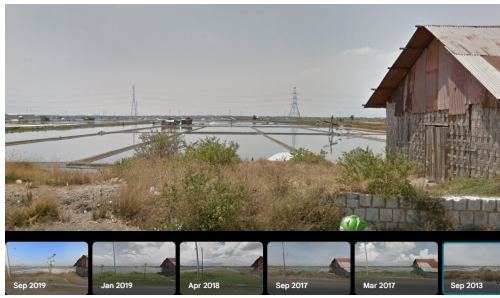


Gambar 2. Pemetaan Distribusi NDVI Kota Surabaya Tahun 2025

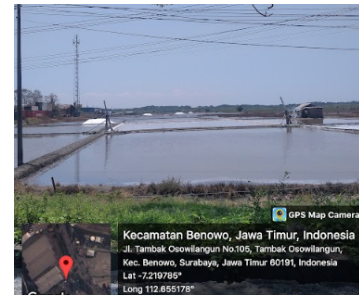
Hasil analisis menunjukkan bahwa pada tahun 2025, nilai NDVI masih didominasi di vegetasi rendah dengan area seluas 18.908,64 Ha yang mencakup sekitar 57,57% dari total luas Kota Surabaya.

Hasil Validasi Lapangan Peta NDVI

Validasi lapangan dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi hasil klasifikasi NDVI terhadap kondisi aktual di lapangan. Proses validasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi peta NDVI dengan pengamatan langsung (*survey*) dan menggunakan *google earth* untuk membandingkan pada tahun 2015 di beberapa titik sampel yang tersebar di wilayah Kota Surabaya, yang mewakili setiap kelas tutupan lahan berdasarkan nilai NDVI, yaitu: vegetasi rendah, vegetasi sedang, vegetasi tinggi, dan non-vegetasi.



Gambar 3. Jl. Tambak Osowilangun pada tahun 2013



Gambar 4. Jl. Tambak Osowilangun pada tahun 2025



Gambar 5. Taman Suroboyo pada Tahun 2017



Gambar 6. Taman Suroboyo pada Tahun 2025



Gambar 7. Pakuwon City pada Tahun 2013

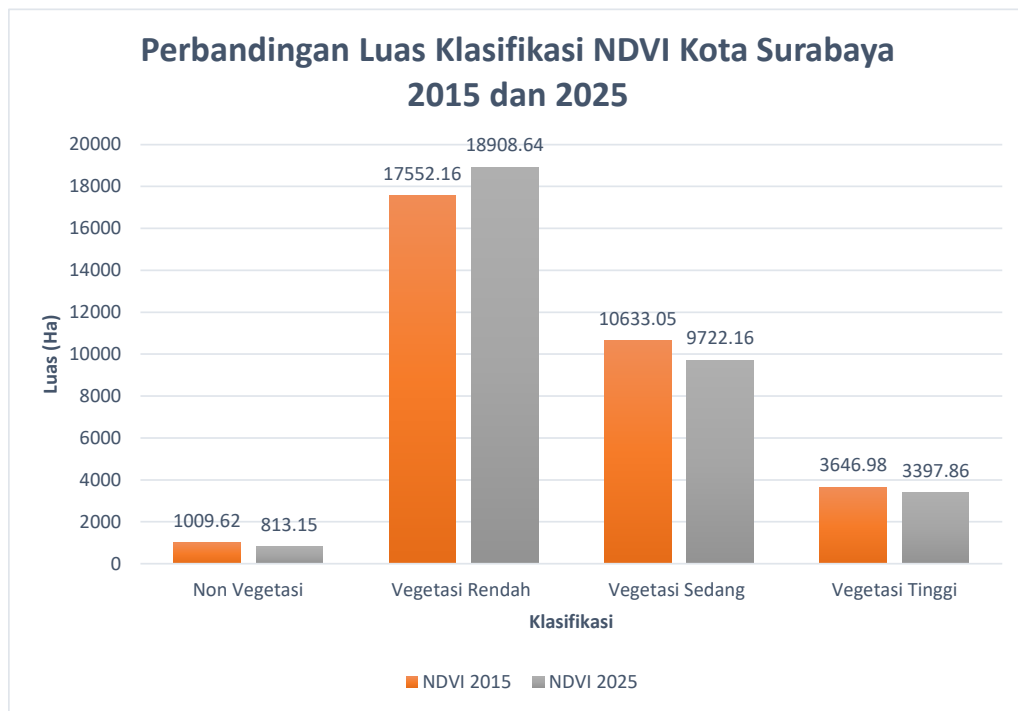


Gambar 8. Pakuwon City pada Tahun 2025

Hasil validasi menunjukkan bahwa klasifikasi nilai NDVI memiliki tingkat kecocokan yang tinggi terhadap kondisi nyata di lapangan. Titik dengan nilai NDVI tinggi (di atas 0,5) umumnya ditemukan di wilayah dengan tutupan vegetasi lebat seperti taman kota, kawasan mangrove. Titik-titik dengan nilai NDVI sedang (antara 0,2 – 0,5) ditemukan pada kawasan dengan vegetasi campuran atau semak-semak, seperti jalur hijau jalan dan pekarangan rumah. Sementara itu, nilai NDVI rendah hingga mendekati nol (0 – 0,2) cenderung teridentifikasi pada area terbuka atau lahan vegetasi jarang, sedangkan nilai negatif atau mendekati nol ditemukan di kawasan terbangun seperti permukiman padat, bangunan, jalan raya, dan kawasan industri.

Tabel 2. Perbandingan Luas Klasifikasi NDVI Kota Surabaya antara Tahun 2015 dan 2025

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	NDVI Tahun 2015		NDVI Tahun 2025		Selisih Luas (Ha)	Presentase Perubahan (%)
	Luas (Ha)	Presentase (%)	Luas (Ha)	Presentase (%)		
Non-vegetasi	1009.62	3.07	813.15	2.48	196.47	-0.60
Vegetasi Rendah	17552.16	53.44	18908.64	57.57	1356.48	4.13
Vegetasi Sedang	10633.05	32.38	9722.16	29.60	910.89	-2.77
Vegetasi Tinggi	3646.98	11.10	3397.86	10.35	249.12	-0.76



Grafik 1. Grafik Perbandingan Luasan Kategori NDVI Kota Surabaya Tahun 2015 dan 2025

Merujuk pada hasil yang disajikan dalam Tabel 2 dan Grafik 1, diketahui bahwa telah terjadi perubahan signifikan pada klasifikasi vegetasi rendah, yang mengalami peningkatan sebesar 4,13%. Sementara itu, kategori non-vegetasi menunjukkan penurunan sebesar 0,60%, diikuti oleh penurunan pada vegetasi sedang sebesar 2,77% dan vegetasi tinggi sebesar 0,76%. Data ini mengindikasikan bahwa dalam kurun waktu sebelas tahun terakhir, Kota Surabaya mengalami konversi penggunaan lahan secara signifikan. Lahan-lahan yang awalnya merupakan tambak, rawa, hutan mangrove, dan lahan kosong telah banyak dialihfungsikan menjadi wilayah perumahan, zona ekonomi, sektor industri, serta daerah dengan kepadatan penduduk.

Alih guna lahan tersebut perlu mendapat perhatian serius dari pemerintah setempat, mengingat peran penting vegetasi dalam menghasilkan oksigen serta menyerap emisi gas karbon monoksida dan karbon dioksida di atmosfer. Penurunan luas vegetasi secara tidak langsung juga berkontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan. Menurut I'zzuddiin et al. (2025) keberadaan vegetasi area penghijauan publik seperti taman kota dan ruang terbuka hijau sangat penting dalam menangani fenomena pulau panas perkotaan, di mana temperatur udara di pusat kota cenderung lebih tinggi daripada lingkungan sekitarnya.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis sebaran nilai NDVI tahun 2015 dan 2025 di Kota Surabaya serta validasi lapangan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebaran kerapatan vegetasi tahun 2015 menunjukkan bahwa Kota Surabaya didominasi oleh klasifikasi vegetasi rendah (NDVI 0,0–0,25) seluas 1.009,62 Ha atau 53,44% dari total luas

wilayah. Klasifikasi ini terutama mencakup kawasan permukiman dan lahan terbangun. Sementara itu, vegetasi tinggi (NDVI > 0,5) tercatat seluas 3.646,98 Ha atau 11,10%, yang tersebar di kawasan taman kota, hutan mangrove, dan ruang terbuka hijau.

2. Sebaran kerapatan vegetasi tahun 2025 mengalami perubahan signifikan. Area dengan klasifikasi vegetasi rendah meningkat drastis menjadi 18.908,64 Ha atau 57,57% dari total wilayah kota. Sebaliknya, luas vegetasi tinggi menurun menjadi 3.397,86 Ha atau 10,35%. Kecenderungan ini menunjukkan penurunan kualitas dan kuantitas ruang hijau akibat ekspansi wilayah terbangun.
3. Hasil validasi lapangan menunjukkan bahwa interpretasi nilai NDVI memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Nilai NDVI tinggi (> 0,5) benar-benar mencerminkan vegetasi lebat di lapangan seperti taman kota dan kawasan mangrove. NDVI sedang (0,2–0,5) ditemukan di kawasan vegetasi campuran seperti pekarangan dan jalur hijau, sedangkan NDVI rendah hingga negatif terkonfirmasi berada di wilayah permukiman padat, bangunan, dan jalan raya.
4. Selama periode sebelas tahun, terjadi peningkatan signifikan pada kelas vegetasi rendah sebesar 4,13%, yang menunjukkan meluasnya kawasan dengan tutupan vegetasi minim. Sementara itu, terjadi penurunan luas pada vegetasi sedang sebesar 2,77% dan vegetasi tinggi sebesar 0,76%. Hal ini mengindikasikan adanya alih fungsi lahan secara besar-besaran, dari tambak, rawa, hutan mangrove, dan lahan terbuka menjadi kawasan permukiman padat, perdagangan, dan industri.
5. Perubahan fungsi lahan tersebut membawa dampak ekologis yang serius, mengingat vegetasi memiliki fungsi vital dalam memelihara kualitas udara, menyerap emisi karbon yang dilepaskan ke lingkungan, serta menurunkan suhu lingkungan. Penurunan luas vegetasi berpotensi menyebabkan meningkatnya suhu udara perkotaan serta memicu krisis lingkungan, terutama di wilayah dengan tingkat kepadatan bangunan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengawasan terhadap transformasi fungsi lahan serta peningkatan kembali keberadaan area publik hijau dalam perencanaan tata ruang Kota Surabaya secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusman, R., & Mataburu, I. B. (2024). Identifikasi Environment Critical Index (Indeks Kekritisan Lingkungan) Menggunakan NDVI dan LST di Kota Surabaya. *Jurnal Sains Geografi*, 3(1), 15–20. <https://doi.org/10.2210/jsg.vx1ix.xxx>
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. 113(5), 113.
- Compton J. Tucker. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Volume 8, Issue 2, ISSN 0034-4257, [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)*, 8(2), Pages 127-150.
- Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R. R., & Ati, A. (2019). Dinamika Suhu Permukaan Dan Kerapatan Vegetasi Di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan*

- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>
- Pzzuddiin, M., Alina, A. N., Mahardianti, M. A., Yahya, F., & Prabawa, S. E. (2025). Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Di Pantai Timur Surabaya Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Geodesi Undip*, 14(1), 21–32. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/46556/33787>
- Jannah, G. S., & Bioresita, F. (2023). Pemantauan Land Surface Temperature (LST) dan Kaitannya dengan Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kota Surabaya Tahun 2014-2022). *Jurnal Teknik ITS*, 12(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.122579>
- José A. Sobrino, Juan C. Jiménez-Muñoz, L. P. (2004). *Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5*. 90(4), 434–440.
- Nadira, C., Saraswati, R., & Wibowo, A. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kecamatan Cikarang Utara , Kabupaten Bekasi Tahun 2007 – 2018 Menggunakan Citra Landsat 5 dan 8 The Effect of Land Cover Change to Urban Heat Island Phenomenon in 2007 – 2018 at North. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6, June*, 82–98.
- Nailufar, B., Syahadat, March, R., & Ameliawati, P. (2018). Identifikasi Kerapatan Vegetasi dengan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kota Batu Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME*, 1(September), 5–6. <https://prosiding.unitri.ac.id/index.php/sentikuin>
- Safitri, D. A., Nugroho, R. T., & Bepalova, L. A. (2023). Land Cover Change Analysis on the Coast of Surabaya Indonesia (Case Study: Eastern Part of Surabaya, 1994 - 2022). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1276(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1276/1/012038>
- Safitri, D. A., Saves, F., Alina, A. N., Bepalova, L. A., & Dhani, N. Q. (2024). *Utilization of Geographic Information Systems (GIS) for Monitoring Flood Disaster Hazards in Surabaya*. 152–163. https://doi.org/10.1007/978-3-031-90873-6_18
- Surabaya, B. S. K. (2024). *Statistics Surabaya Municipality Kota Surabaya Dalam Angka*.